

## デジタルテレビ放送におけるラウドネス運用規定の国内標準化

(株)フジテレビジョン 技術局 制作技術センター 制作技術部

松永 英一

### 1. はじめに

テレビを見ていて「バラエティやCMになると音量が大きい」、「ドラマや映画などの小声のセリフが聞き辛い」、「チャンネルを変えると音量が違う」などと感じて、ついついリモコンで音量操作をしていませんか？テレビ放送における番組間、放送局間の音量差問題は、テレビ放送の完全デジタル化によって一層拍車がかかり、視聴者に常にボリューム操作を強いたり、不快感を与えたりしていました。このような事態を回避し、より快適にテレビ放送をご覧いただくために、国際的に採用が進んでいるラウドネス運用規定を2011年に日本国内にも導入しました。ここでは、ラウドネス運用規定を導入した経緯と国内運用規定として策定された ARIB TR-B32の規定内容を中心にご紹介します。

### 2. アナログテレビ放送とデジタルテレビ放送の違い

2011年7月に停波した以前のアナログテレビ放送（東北3県は、2012年3月末に停波）の音声はFM変調で実質50Hz~12kHz程度に帯域制限をして放送していました。また、音声にピークがあると映像にノイズが乗るなどの影響が出てしまうので、送出段にLim/comp機能を有した機器が実装され、さらにその後段に、完全にピーク成分をカットするソフトスライサーなどが設備されていました。このようなシステムで放送を行っていたために、あくまでも結果論ではありますが、番組素材のバラツキは、送出段階である程度抑制されていました。

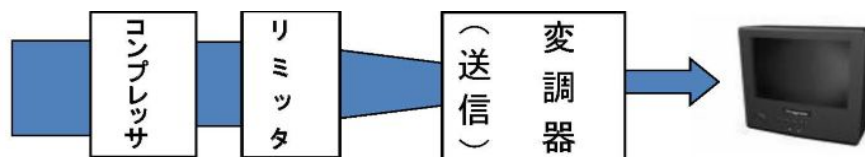


図1. 以前のアナログテレビ放送における音声送出イメージ

一方デジタルテレビ放送においては、そのメリットである高音質「CDに匹敵する音質（広いダイナミックレンジと20Hz~20kHz付近までリニアな周波数特性）」を活かす為に、アナログテレビ放送のような音声レベルを抑制する機器を通さずに、そのままTS (TRANSPORT STREAM) データに変換してしまうのが一般的です。



図2. デジタルテレビ放送における音声送出イメージ

そのため、番組素材のバラツキは送出段階では全く抑制されずに、そのまま放送に出てしまうこととなります。このことが、デジタルテレビ放送で「番組間での音量感のバラツキ」が顕在化する最大要因であり、テレビ放送の完全デジタル化に向けて、危機感を募らせていました。

### 3. 民放連「テレビ音声レベルWG」で検討開始

2009年7月に民放連では、技術委員会の下部組織「テレビ音声レベルWG（在京、在名、在阪の地上波テレビ社およびWOWOWの音声技術者、送出技術者、計19名の委員で構成）」が設置され、テレビ放送における音量差問題の検討に入りました。

テレビ音声レベルWGは“視聴者に優しい放送をお届けする”ことを最大の使命と考え、「全ての放送素材の音量感の統一」「放送局間の音量感の統一」を目標に掲げました。この2つの目標が実現してはじめて、我々の使命が達成されることになるのですが、「放送局間の音量感の統一」はNHKを含めて検討しないと解決不可能な大きなテーマでした。そもそも民放局とNHKではデジタル放送における音声のリファレンスレベルが違う（民放局：-20dBFS NHK：-18dBFS）ために、もしも同一素材を同じVUメータの振れで放送した場合、受像機での再生レベルはNHKの方が2dB高くなってしまいます。このリファレンスレベルの違いによる放送音声のレベル差を解消することは、我々民放局の永年の課題であったこともあり、今回が「放送局間の音量感の統一」を実現する絶好のチャンスととらえ、2009年12月にNHKとの打合せもスタートさせました。

### 4. VUメータの限界

これまで音声制作の現場では、長年にわたりVUメータが主役として活躍してきましたが、そもそもVUメータは単なる電圧計でしかなく、瞬時値は測定できても、人が感じる音量感のベースとなる平均値の測定はできません。アナログの針式メータなので、見る角度によっても読み取り誤差が生じます。

また、人間の耳は（図3）のようなf特を持っていますので、f特がフラットなVUメータでは、そもそも番組の音量感を完全に揃えることは無理な話です。WGの立ち上げ当初は、既存のレベル監視装置で何とか規定できないかと検討を重ねたのは事実で、VUメータとピークメータでの規定化を模索しました。

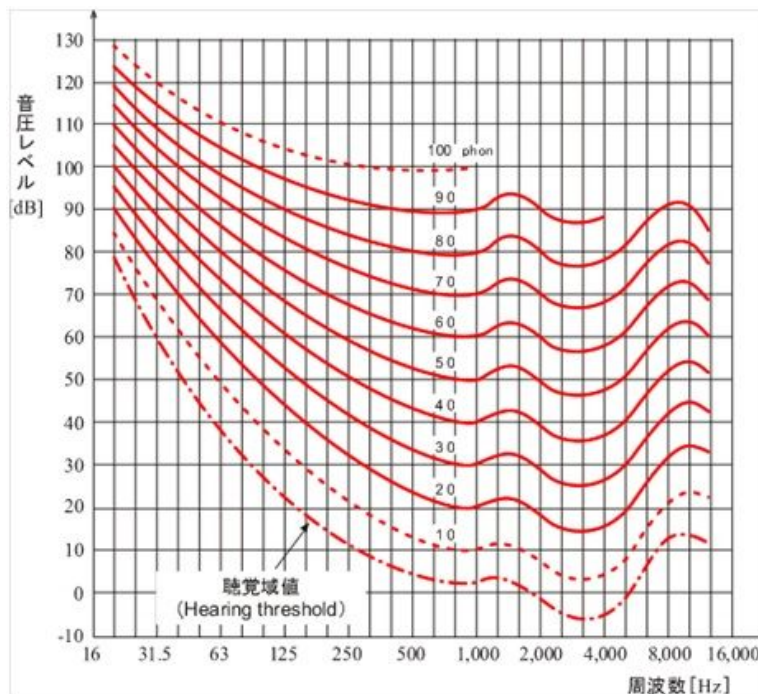


図3. 等ラウドネス曲線（国際規格 ISO226-2003）

しかしながら、VUメータには前述のような限界が見えてきたこともあり、規定策定の方向性を最終判断するために、民放連では Rec.ITU-R BS.1770 で規定されたラウドネスメータと VUメータのどちらがデジタルテレビ放送における音量差問題を解決するのに有益なのかの実証実験を行いました。その実験結果と世界の情勢を勘案し、VUメータで音量規定するのは無理だと判断し、ラウドネスメータによる規定化へと方向転換しました。

## 5. 世界の流れ ～ITU（国際電気通信連合）勧告～

1990年代に世界各国でデジタル放送が開始、それに伴い、番組間、放送局間の音量感のバラツキが顕在化したため、ITUでは2000年9月に“番組音のラウドネスを一定にするために使用する新メータの勧告化”に向けた検討を開始しました。6年にわたる検討の結果、2006年7月に Rec.ITU-R BS.1770「音声番組のラウドネスとトゥルーピークレベルの測定アルゴリズム」と Rec.ITU-R BS.1771「ラウドネスメータとトゥルーピークメータの要求要件」が勧告されました。勧告されたラウドネス測定アルゴリズムは騒音測定を応用したもので、人間の耳の周波数特性に近似し放送音声に適した K 特性フィルタを採用しているのが特徴です。この ITU 勧告は、世界の放送局が初めて1つの測定方法で音声レベルを管理するという、画期的な出来事でした。

ITUでは、1770、1771の勧告化の後に、運用ルールの検討に入り、2010年3月、Rec.ITU-R BS.1864「デジタルテレビ番組の国際交換におけるラウドネス運用規準」を策定、その内容は、「平均ラウドネス値を規定し、その値が-24LKFSになる様に国際番組交換を行う」というもので、世界的なラウドネス運用の本格的なスタートとなりました。

その後、2006年に勧告された1770のラウドネス測定アルゴリズムでは、番組内に無音区間、弱音区間があると人が感じる音の大きさと隔たりが生じるということが解ってきたので、2010年10月のITU会合に EBU（欧州放送連合）からゲーティングという手法が提案され、2011年3月に Rec.ITU-R BS.1770-2 として勧告されました。1770-2の国際標準化に対して、エミー賞が贈られましたが、世界的に大きなインパクトと成果をもたらさず決定であったことが伺えます。

## 6. ARIB で国内標準化に向けて検討開始

NHKと協議を重ねた結果、民放局とNHKが共通のルールで運用すべきという結論に達し、2010年6月に国内運用規定の策定を ARIB（電波産業会）に提案し、同年8月に ARIB スタジオ音声作業班にて国内標準化に向けて検討を開始しました。2011年3月に国際勧告である ITU-R BS.1770-2,1771,1864 に準拠した ARIB TR-B32「デジタルテレビ放送番組におけるラウドネス運用規定」が策定されました。国内の運用規定である ARIB のラウドネス運用規定に、民放局と NHK が準拠した運用を行うことで、「放送素材の音量感の統一」に加えて、「放送局間の音量感の統一」も実現されることが期待されます。

## 7. ARIB TR-B32 の規定概要

〈ラウドネス運用規定の基本的な考え方〉

番組全体の音の大きさ（ラウドネス）を一つの値で示す「平均ラウドネス値」を規定し、その値が番組間で一定になるように運用することにより、家庭における聴取レベル（音量感）を一定

に保つという考え方である。番組の平均ラウドネス値測定区間の例を（図4）に示す。

調整用信号、プログラムリーダー、トレーラーを除く番組の冒頭から終わりまで本編全尺を測定区間とし、中間リーダーが無音とみなされる場合は、番組冒頭から終わりまでを一括して測定することが出来る。中間リーダーが無音で無い場合は、その部分を測定から除外しなければならない。

- ・平均ラウドネス値の測定は Rec. ITU-R BS.1770 Annex 1 に準拠し、L、R、C、Ls、Rs の5チャンネルを用いて行う（LFEは測定に含めない）。
- ・目標とする番組の平均ラウドネス値をターゲットラウドネス値と呼び、値は-24LKFSとする。
- ・番組の平均ラウドネス値の運用上の許容範囲は、ターゲットラウドネス値±1dBとする。
- ・「創造的な制作要求」が最優先される番組の場合、ターゲットラウドネス値を下回る値を目標として制作することができる。

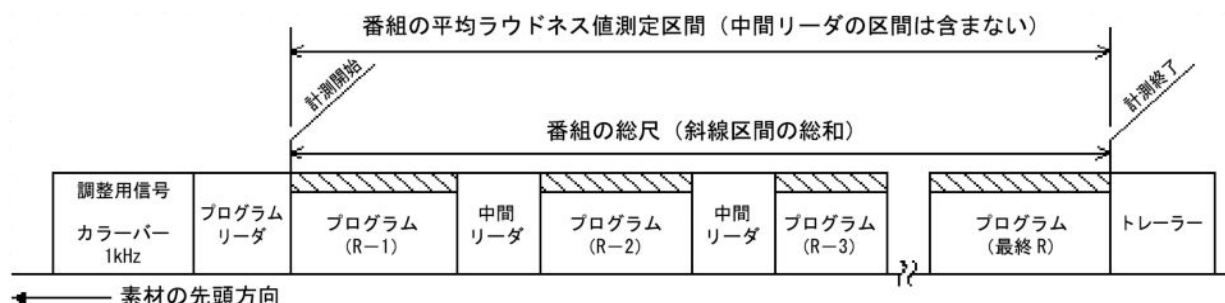


図4. 番組の平均ラウドネス値測定区間の例

〈平均ラウドネス値測定アルゴリズムの概要〉

平均ラウドネス値の測定は ITU-R BS.1770 Annex 1 に準拠し、（図5）にその概念図を示す。このアルゴリズムは等価騒音レベルの測定法を応用したもので、デジタルテレビ放送に最適化するために、K特性フィルタ、重み係数とゲーティングという手法が採用されているのが特徴である。また、モノラルから5.1サラウンドまでの測定が可能であり、測定結果は音声モードに関わらず「平均ラウドネス値」という一つの値として算出される。

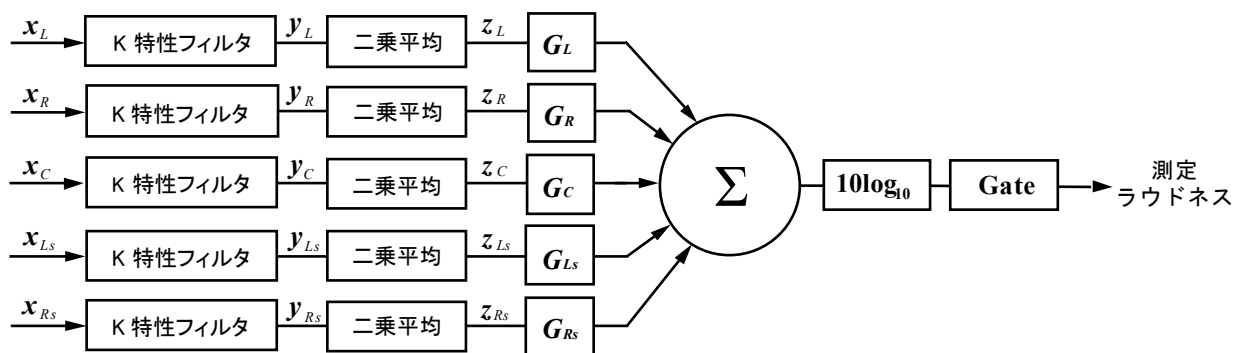


図5. ラウドネス測定アルゴリズムの概念図

◆K特性フィルタ

人の頭部形状による周波数特性への影響を模したプリフィルタとRLB（修正B特性）フィルタを合わせた特性を持つK特性フィルタ（図6）を採用している。

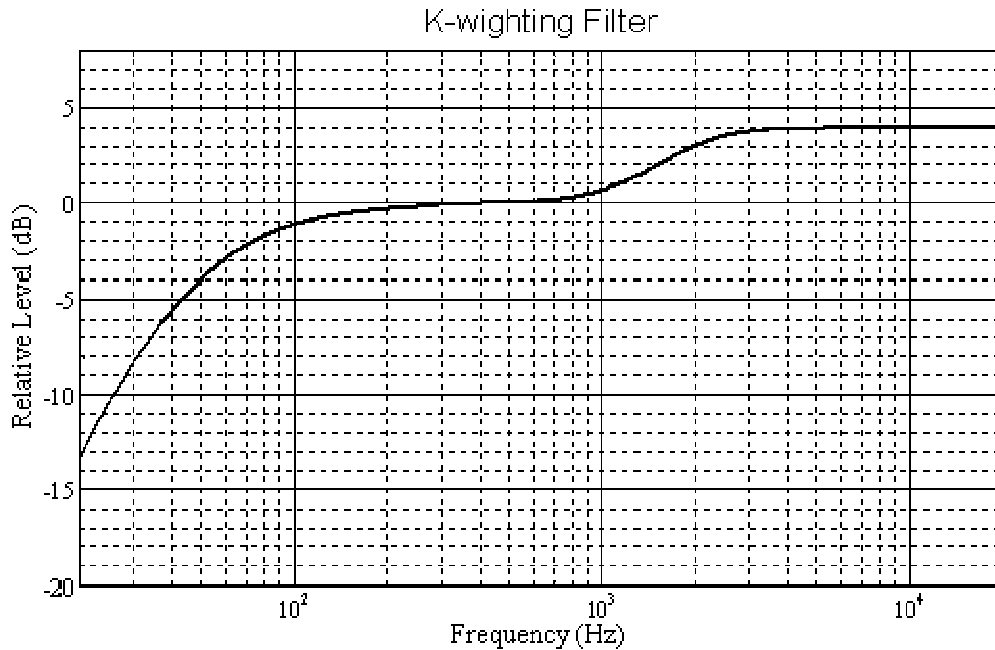


図6. K特性フィルタの周波数特性

◆二乗平均

信号のパワーを求めるために、各チャンネルについてK特性フィルタ処理後の信号を二乗平均する。二乗平均は測定開始から終了までの測定区間を  $T$  とすれば次式で定義される。

$$z_i = \frac{1}{T} \int_0^T y_i^2 dt \quad \text{ただし、} i \in I \quad I = \{L, R, C, Ls, Rs\} \quad (y_i \text{ は K 特性フィルタによ}$$

って処理された信号で、 $i$  は  $L, R, C, Ls, Rs$  のいずれかの入力チャンネルを示す)

◆重み係数

人が聴取する音は、到来方向（耳に対する音の入射角）によって、耳殻、頭部、肩などの影響が異なり、聴取音量も変化する。サラウンド聴取では後方チャンネルのラウドネスが若干大きく感じられることが知られており、（表1）の重み係数を乗じて補正する。



チャンネル	重み係数 $G_i$
レフト ( $G_L$ )	1.0 (0 dB)
ライト ( $G_R$ )	1.0 (0 dB)
センタ ( $G_C$ )	1.0 (0 dB)
レフトサラウンド ( $G_{Ls}$ )	1.41 (約 +1.5 dB)
ライトサラウンド ( $G_{Rs}$ )	1.41 (約 +1.5 dB)

表 1. 各チャンネルの重み係数

## ◆ラウドネス値算出の基本式と単位

チャンネル重み付け後の二乗平均値を合算し、デシベルスケールに変換してラウドネス値を求める。測定区間  $T$  のラウドネス値算出の基本式は次式で定義される。

$$\text{ラウドネス値}, L_K = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot z_i \quad \text{LKFS}$$

$$\text{ただし、} i \in I \quad I = \{L, R, C, Ls, Rs\}$$

定数  $-0.691$  はプリフィルタの利得を補正する値で、この定数により 1kHz 正弦波に対するプリフィルタの入出力間利得は 0dB となる。この補正で L、C、R のいずれか一つのチャンネルに入力した 1kHz 正弦波信号のピーク値 (dBFS) とラウドネス値 (LKFS) には「ピーク値  $-3.01 =$  ラウドネス値」という関係が成り立つ。

例えば  $-20$ dBFS の 1kHz 正弦波を、L、R、C のいずれか一つのチャンネルに入力した場合、ラウドネス値は  $-23.01$ LKFS となり、L、R、C のうち二つのチャンネルに入力した場合のラウドネス値は  $-20$ LKFS となる。ラウドネス値の単位に用いる LKFS は、ラウドネス (Loudness)、**K** 特性フィルタ、フルスケール (**FS**) から定められている。LKFS 単位での 1dB のレベル増減は、1LKFS のラウドネス値増減と同等である。

## ◆ゲーティング関数を適用したラウドネス値の計算

テレビ放送において、人が感じる音の大きさにより近いラウドネス値を算出するために、絶対ゲーティング (無音部分の除去) と相対ゲーティング (レベルの低い部分を除去) という 2 段階のゲーティング処理が行われる。ゲーティング処理は、以下の 4 つの要素で構成される。

- ① ゲーティングブロック
- ② オーバーラップ法
- ③ 絶対ゲーティング
- ④ 相対ゲーティング

- ① ゲーティング処理を行うために入力信号を 400ms 長のゲーティングブロックに分割する。ゲーティングブロックの各々のラウドネス値をゲーティングブロックラウドネス値と呼ぶ。
- ② ゲーティングブロックに分割を行うときに、測定誤差を少なくするために、隣接するブロックを互いにオーバーラップさせながら分割する。この手法をオーバーラップ法と呼び、オーバーラップ量は 75%と規定された。
- ③ 無音とみなせる絶対閾値-70LKFS 以下のゲーティングブロックを除外する。
- ④ 絶対ゲーティング後に残ったゲーティングブロックのラウドネス値を平均し、その値から相対的に 10dB 低い閾値（相対閾値、あるいは G10 と略号で呼ぶ）以下のゲーティングブロックを除去、最終的に残ったゲーティングブロックを再計算することにより、「平均ラウドネス値」が求められる。

## 8. 民放連技術規準 T032

2011 年 5 月、ARIB TR-B32 に準拠して民放連加盟局における運用ルールである民放連技術規準 T032 が策定され、2012 年 10 月 1 日に運用を開始しています。また T032 の策定に伴い、民放連営業員会・日本広告業協会が発行している「テレビ CM 素材搬入基準」で規定している CM の音声に関しても、T032 に準拠すると改訂されました。

### 〈T032 の策定概要〉

- ・番組音声の制作においては、ターゲットラウドネス値（-24.0LKFS）で制作した「T032 リファレンス音源」と番組音声双方のラウドネスに大きな隔たりが生じないように注意して作業にあたること。
- ・番組制作時に目標とする平均ラウドネス値をターゲットラウドネス値と呼ぶ。その値は ARIB TR-B32 に準拠し、すべての音声モードにおいて-24.0LKFS とする。
- ・運用上の許容範囲として±1dB を設けるが、あくまでもターゲットラウドネス値を目標として制作すべきであり、この許容範囲を見込んだ番組制作を行ってはならない。
- ・国内放送における 5.1 サラウンド番組に対しては、ARIB STD-B21「デジタル放送用受信装置標準規格」により受像機側のダウンミックスステレオのレベルが下がる事を考慮し、暫定措置として「ターゲットラウドネス値+2dB」を最大許容値とする。
- ・番組素材の納品者は、ARIB TR-B32 で規定されているラウドネス測定アルゴリズムに準拠したラウドネスメータを用いて番組の平均ラウドネス値を測定し、測定値を小数点以下 1 位まで納品テープなど交換媒体の添付書類に記入すること。
- ・納品する番組の平均ラウドネス値が-28.0LKFS を下回る場合は、その理由を添付書類に明記すること。
- ・受け入れ側の納品検査において、番組の平均ラウドネス値が、運用上の許容範囲の上限を超えている場合は、納品者側の責任において改稿が必要となる。

以上の民放連加盟局の運用イメージを（図 7）で示します。

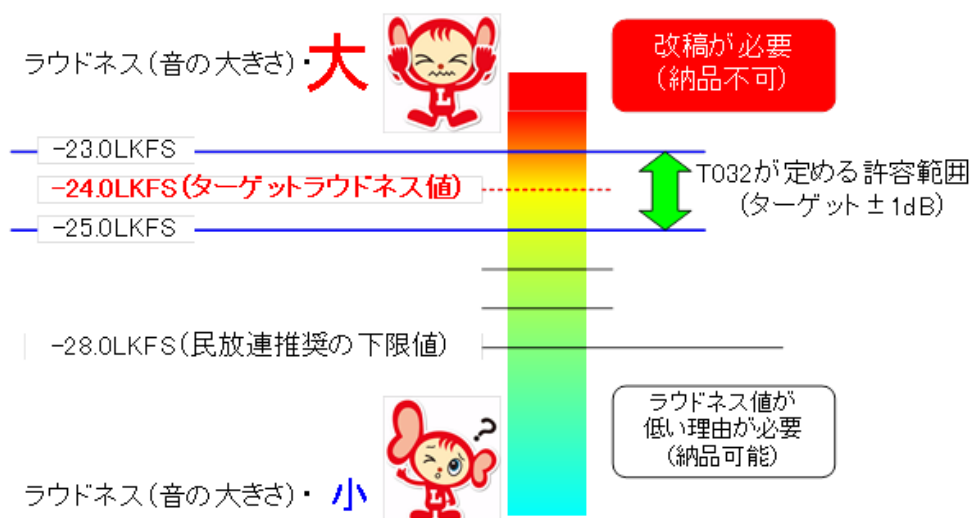


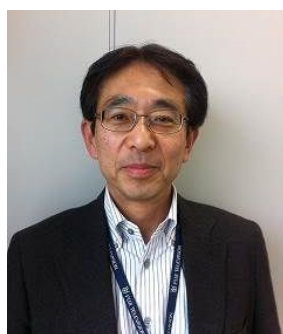
図 7. 民放連加盟局におけるラウドネス運用イメージ

## 9. 今後に向けて

この度、日本オーディオ協会様より、「デジタルテレビ放送におけるラウドネス運用規定の国内標準化」に対して ARIB スタジオ設備開発部会 スタジオ音声作業班に「協会大賞」を授与していただき、規準策定に関わった者として非常に光栄に思っております。日本国内においては、民放連技術規準 T032 が昨年 10 月 1 日より運用を開始しましたが、思っていた以上に順調に滑り出すことができました。日本ケーブルテレビ連盟加盟社も、昨年 10 月 1 日から自主放送においては ARIB TR-B32 に準拠した放送をされていますし、本年 4 月の番組改編から NHK も運用を開始します。また、衛星放送協会に加盟する BS 局、CS 局においても運用開始に向けて準備がされていると聞いていますので、近い将来、本来の意味での“視聴者に優しい放送をお届けすることが可能になると考えています。

ゲーム業界もラウドネスで音量をコントロールする手法が波及して、ゲーム間の音量差、ゲームとテレビなどの他メディアとの音量差を無くそうという動きも出はじめています。更に利便性を向上させる意味で、DVD、Blue-ray などのパッケージメディア、CD などの音楽メディア、インターネットなどにも同様の運用が適用されるように、関連団体さんへの啓蒙と連携を深めていきたいと考えています。

### 筆者プロフィール



松永 英一（まつなが えいいち）

1979 年、上智大学工学部卒業。(株)フジテレビテレビジョンに入社、放送技術部を経て、現在、技術局制作技術センター制作技術部エグゼクティブエンジニア。これまで、「ミュージックフェア」、「僕らの音楽」などの音楽番組やドラマ制作を中心に担当。民放連・技術委員会「テレビ音声レベル WG」主査、ARIB スタジオ音声作業班委員、ARIB TR-B32 策定においては PG リーダーを担当。